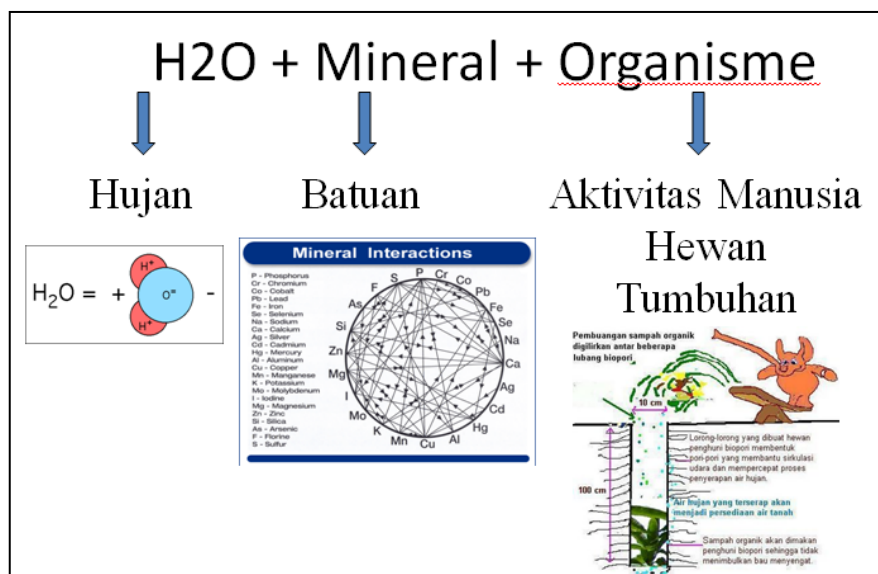


BAB VIII

KUALITAS AIRTANAH

8.1 Pengertian Kualitas Airtanah

Airtanah mempunyai komposisi campuran senyawa H_2O , berbagai senyawa mineral dan organisme, pada temperatur dan tekanan tertentu. Air murni terdiri dari senyawa H_2O , yang biasanya hadir atau terdapat pada air hujan. Mineral yang terkandung pada airtanah umumnya berasal dari batuan yang di dalamnya terdapat berbagai mineral yang saling berinteraksi. Airtanah juga banyak ditemukan organisme dan mikroorganisme, biasanya akibat aktifitas manusia, hewan dan tumbuhan.



Gambar 8.1 Percampuran air – mineral – organisme di dalam airtanah.

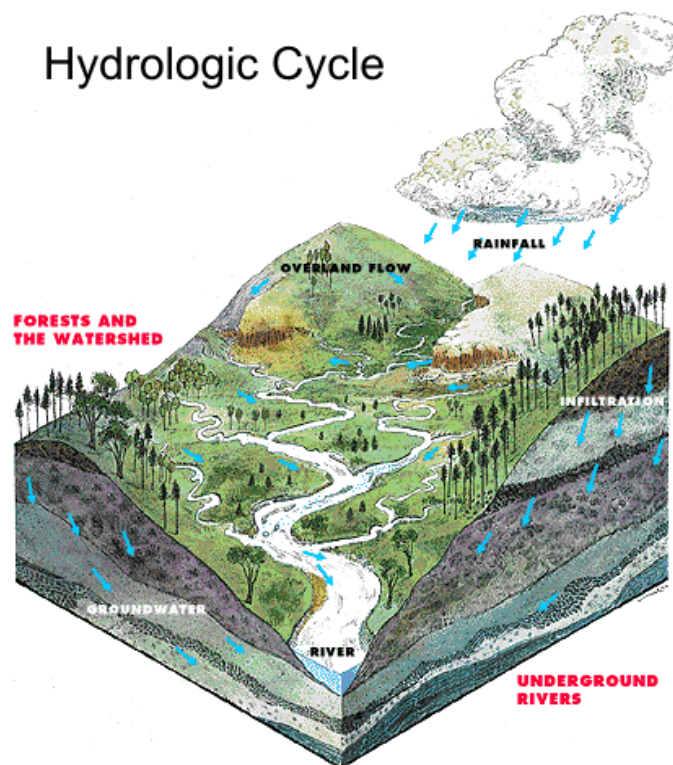
Interaksi antara air, mineral dan organisme dapat menentukan sifat fisik dan biologi air, yang akhirnya mempengaruhi kualitas airtanah secara umum.

8.2 Siklus Hidrologi

Siklus atau daur hidrologi perlu dicermati dalam keberadaannya di permukaan suatu area. Siklus hidrologi dapat bermula penguapan/presipitasi dari sumber air paling besar di laut, danau, sungai atau dari tumbuhan, yang kemudian terjadi penguapan berupa titik-titik air yang berkumpul di atmosfer. Titik-titik air ini biasanya disebut awan, tertransport atau berjalan searah dengan aliran angin, ketika awan jenuh dengan titik air dan terjadi perbedaan tekanan dengan di dataran, maka titik-titik air jatuh ke daratan sebagai air hujan, daerah luhan air hujan disebut dengan *recharge area*. Air hujan akan mengisi kembali aliran sungai, danau dan cekungan lain.

menyimpan dan melalukan air ke arah landaian hidrolika, biasanya muncul sebagai mata air dan atau berakhir di laut. Daerah akuifer biasanya dimanfaatkan atau dieksploitasi oleh manusia, daerah ini disebut dengan daerah *discharge area*.

Hydrologic Cycle



Gambar 8.2 Gambaran siklus hidrogeologi pada suatu daerah.

Air tertampung di permukaan bumi yang berada pada sungai atau danau, akan terserap ke bawah permukaan sampai pada batuan yang mempunyai porositas dan permeabilitas, disebut dengan lapisan akuifer (air bawah tanah) yang dapat

8.3 Parameter Kualitas Air

Kualitas air dilihat dari 3 parameter sifat utama, yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologis. Ketiga aspek kualitas air ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Sifat fisika berupa warna, kekeruhan, bau, rasa dan temperatur.

Sifat fisik warna sangat dipengaruhi oleh :

- ▶ Dipengaruhi oleh zat-zat terlarut/tersuspensi
- ▶ Zat terlarut memberikan *true color* (warna yang ditimbulkan oleh zat-zat bukan zat organik)
- ▶ Zat tersuspensi memberikan *apparent color* (ditimbulkan dari zat tersuspensi dari bahan organik)
- ▶ Secara kuantitatif dinyatakan dalam indeks warna, tanpa satuan
- ▶ Indeks warna air minum < 15
- ▶ Secara kualitatif, air minum: tidak berwarna

Sifat fisik kekeruhan sangat dipengaruhi oleh :

- ▶ Dipengaruhi oleh zat padat tersuspensi (yang berukuran lempung, lanau)
- ▶ Untuk mengukur kekeruhan, digunakan turbidimeter
- ▶ Satuan kekeruhan: NTU (Nephelometric Turbidity Unit)
- ▶ Batas toleransi air minum: 5 NTU



Gambar 8.3 Alat yang dapat menunjukkan tingkat kekeruhan air disebut dengan turbidimeter, satuan kekeruhan ditunjukkan dengan nilai NTU.

Sifat fisik bau sangat dipengaruhi oleh :

- ▶ Dipengaruhi oleh zat-zat kimia / organik yang terkandung
- ▶ Adanya pencemaran baik melalui proses alamiah, maupun ulah manusia
 - Proses Alamiah: kandungan algae, pembusukan organisme
 - Ulah manusia: sampah, limbah
- ▶ Dinyatakan secara kualitatif
- ▶ Air minum seharusnya tidak berbau



Gambar 8.4 Sungai Sunter di daerah Jakarta Utara menunjukkan kualitas air buruk.

Sifat fisik rasa sangat dipengaruhi oleh :

- ▶ Dipengaruhi oleh zat-zat kimia terlarut
 - Zat besi (Fe) memberikan rasa pahit
 - Mangan, sulfat, memberikan rasa pahit.
 - Asam sulfida (H_2S) memberikan rasa seperti telur busuk.
 - Natrium klorida (NaCl) memberikan rasa asin.
 - Bikarbonat (HCO_3) memberikan rasa tawar atau rasa soda
- ▶ Dinyatakan secara kualitatif
- ▶ Air minum seharusnya tidak berasa

Sifat fisik rasa sangat dipengaruhi oleh :

- ▶ Dipengaruhi oleh:
 - Temperatur atmosfer (pengaruhnya hingga kedalaman 10 – 25 m)
 - Temperatur tanah/batuan tempat air bergerak
 - Proses geokimia yang terjadi ketika air bergerak di dalam tanah/batuan
 - Kondisi geologis (sesar aktif, daerah vulkanik, geotermal, dll)
 - Peluruhan zat radio aktif

Adanya perambatan panas dari inti ke kulit bumi, mengakibatkan temperatur airtanah meningkat sesuai dengan kedalamannya, kenaikan temperatur sesuai dengan besarnya kedalaman tersebut dengan gradien geotermal.

Di daerah batuan sedimen, gradien geotermal pada umumnya sekitar 1,8°C/100 meter, sedangkan di daerah vulkanik, gradien geotermal dapat mencapai 3,6°C/100 meter.

8.4 Hidrokimia

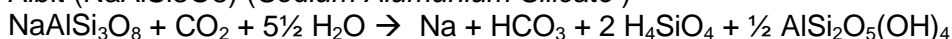
Air murni disusun oleh H₂O, yang bilamana air kontak dengan udara, tanah dan batuan, maka air segera melarutkan zat-zat dan unsur-unsur lain, sehingga komposisinya berubah.

Hidrokimia dipengaruhi oleh komposisi mineralogi batuan akuifer dan dipengaruhi juga oleh aktifitas manusia. Secara geologi, hidrokimia dipengaruhi oleh siklus hidrologi.

Keterdapatan mineral –mineral dalam akuifer biasanya berupa plagioklas, k-felspar dan mineral mafik, yang terdiri dari olivin, piroksen, ampibol dan biotit.

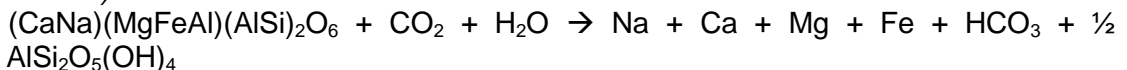
Unsur-unsur airtanah jika bereaksi dengan CO₂ sebagai unsur yang paling mudah larut kedalam tanah dan senyawa H₂O yang diberi secara terus menerus, maka mineral tersebut akan menghasilkan beberapa unsur baru dan bahkan mineral baru antara lain adalah :

▶ Albit (NaAlSi₃O₈) (*Sodium Alumunium Silicate*)



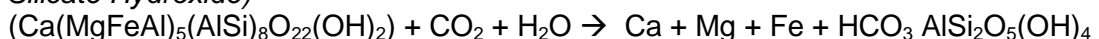
Natrium (Na), Bikarbonat (HCO₃) sebagai pengontrol alkalinitas dan pH serta menghasilkan mineral kaolin (AlSi₂O₅(OH)₄).

▶ Augit (CaNa)(MgFeAl)(AlSi)₂O₆ (*Calcium Sodium Magnesium Iron Alumunium Silicate*)

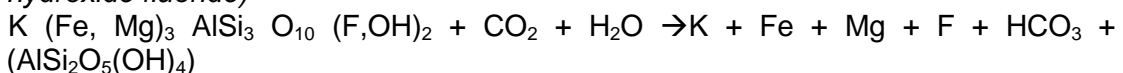


Natrium (Na), Kalsium (Ca), Besi (Fe), Magnesium (Mg), Bikarbonat (HCO₃), serta mineral kaolin AlSi₂O₅(OH)₄.

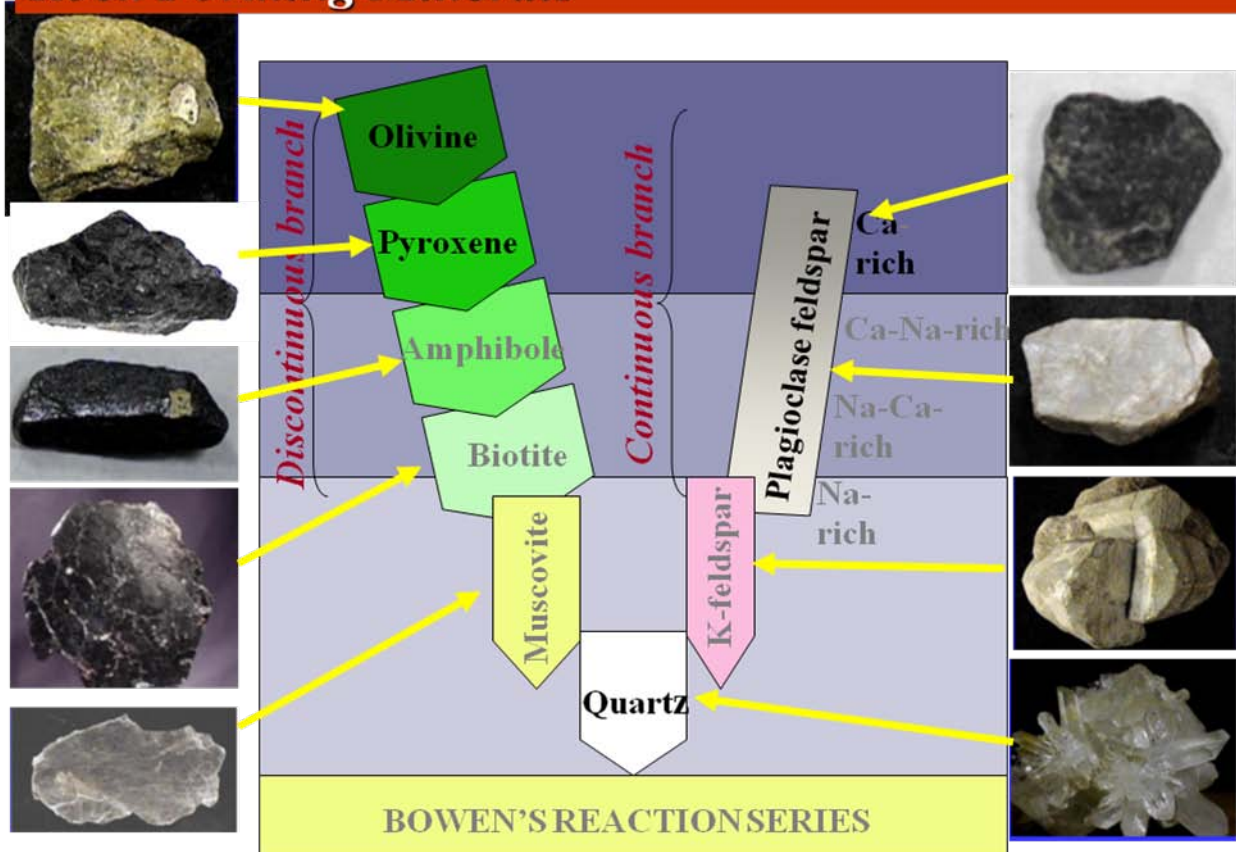
▶ Hornblende (Ca₂(MgFeAl)₅(AlSi)₈O₂₂(OH)₂) (*Calcium Magnesium Iron Alumunium Silicate Hydroxide*)



▶ Biotit (K(Fe,Mg)₃ AlSi₃ O₁₀ (F,OH)₂) (*Potassium iron magnesium aluminum silicate hydroxide fluoride*)



Rock Forming Minerals



Gambar 8.5 Bowen's Reaction Series mineral-mineral pembentuk batuan yang berinteraksi dengan air di bawah permukaan bumi.

Keberadaan zat padat (solid) di dalam air, dapat berupa larutan dan suspensi. Larutan dalam bentuk ion-ion dan suspensi dalam bentuk koloid/butiran-butiran yang lebih besar. Ion berupa ion positif disebut kation dengan contoh mineral Ca, Mg, Na, K dan Fe. Ion berupa ion negatif disebut anion dengan contoh mineral HCO_3^- , Cl^- dan SO_4^{2-} .

Unsur-unsur yang terkandung di dalam air dapat dikelompokkan :

1. Unsur Mayor (konsentrasi $> 5 \text{ mg/l}$)
 - Kation : Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Na^+
 - Anion : HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- (kadang-kadang), dan CO_3^{2-} (kadang-kadang).
 - Dalam bentuk koloid, contohnya Fe, dan SiO_2
2. Unsur Minor (konsentrasi $0,01 - 5 \text{ mg/l}$)
 - K^+ , Al_2^{3+} , Mn^{2+} , NO_2^- , PO_4^{3-} , F
3. Unsur jejak (konsentrasi $0,01 \text{ mg/l}$)
 - ▶ Contoh : Hg, Pb, Cu, Zn, Ni, J, As, dll.
 - ▶ Unsur-unsur ini pada umumnya merupakan logam berat. Meskipun konsentrasinya sangat kecil,
 - ▶ tetapi kehadirannya mempunyai arti penting dan membahayakan. Adanya logam berat acapkali dikaitkan dengan adanya pencemaran dari limbah industri.

4. Unsur gas (CO_2 , O_2 , N_2)
Ketika terjadi hujan, air yang bergerak di udara melarutkan gas-gas yang dilewati dan bersentuhan dengannya.
Pelarutan dialami pula oleh udara yang terdapat di dalam tanah/batuan.
5. Kesadahan
Kesadahan air ditentukan oleh jumlah kandungan ion logam bervalensi dua, yang bereaksi dengan sabun, membentuk endapan.
Kesadahan adalah jumlah konsentrasi Ca^{2+} dan Mg^{2+} di dalam air.
- ▶ $\text{TH} = \text{Ca} \times \text{CaCO}_3/\text{Ca} + \text{Mg} \times \text{CaCO}_3/\text{Mg}$ (dalam Mg/l)
 - ▶ $\text{TH} = 2,5(\text{Ca}^{2+}) + 4,1(\text{Mg}^{2+})$ (dlm Mg/l)
 - ▶ $\text{H} = 50 \times \text{c Ca meq/l} + \text{c Mg meq/L}$
 - ▶ $1^\circ\text{Jerman} = 10 \text{ mg CaO/liter}$
 $= 28 \times \text{meq} (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\text{liter}$
 - ▶ $1^\circ\text{Perancis} = 10 \text{ mg CaCO}_3/\text{liter}$
 - ▶ $1^\circ\text{Inggris} = 10 \text{ mg CaCO}_3/0,7 \text{ liter}$
 $= 14,3 \text{ mg CaCO}_3/\text{liter}$

Tabel 8.1 Standar Air Minum untuk Unsur/Senyawa Kimia Utama (Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.1451/10/MEM/2000/tanggal 3 November 2000)

Unsur / Senyawa	Nilai Standar Unsur Kimia Dalam Air Minum (mg/l)
Kalsium (Ca^{2+})	130
Magnesium (Mg^{2+})	-
Klorida (Cl^-)	250
Alkalinitas (HCO_3^-)	-
Sulfat (SO_4^{2-})	250
Natrium (Na^+)	200
Kalium (K^+)	-
Besi (Fe)	0.3
pH	6.5-8.5
Nitrat (NO_3^-)	50
Daya Hantar Listrik (DHL)	1500
TDS	1000

Tabel 8.2 Klasifikasi kesadahan menurut Todd (1980) dan USGS.

Hardness, mg/l as CaCO_3	Classification	Hardness, mg/l as CaCO_3	Classification
0 - 75	Soft	0 - 60	Soft
75 - 100	Moderately Hard	61 - 120	Moderately Hard
100 - 300	Hard	121 - 181	Hard
> 300	Very Hard	> 181	Very Hard

Proses geokimia yang terjadi selama airtanah melewati dan kontak dengan batuan adalah :

- ▶ Pelarutan (dissolution)
- ▶ Hidrolisis (Hydration)
- ▶ Oksidasi - Reduksi

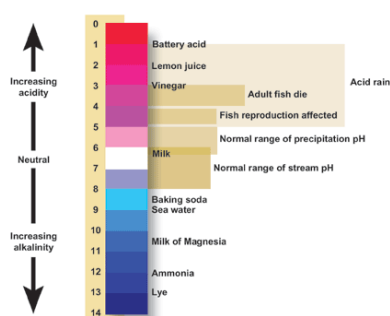
Klasifikasi Air berdasarkan TDS (Total Dissolved Solids), adalah jumlah total unsur-unsur padat yang terlarut di dalam air.

Tabel 8.3 Klasifikasi Air berdasarkan TDS oleh Todd, 1980.

TDS (mg/l)	Classification
1 - 1000	Fresh water
1000 - 10 000	Brackish water
10 000 - 100 000	Saline water
> 100 000	B r i n e

pH adalah Derajat Keasaman atau Derajat Keaktifan ion Hidrogen. Apabila air murni terurai, maka akan terbentuk ion-ion H^+ dan OH^- . Tingkat keaktifan penguraian tsb dinyatakan dengan pH. pH merupakan konsentrasi ion H^+ di dalam air (atau zat cair lain), yang dinyatakan dalam satuan logaritmik. Alat yang digunakan untuk mengukur pH adalah kertas lakmus dan pH meter.

- ▶ $PH = - \log_{10} (H^+) \text{ mol/l}$
- ▶ PH air murni pada temperatur $24^\circ C = 7,0$
- ▶ Artinya : konsentrasi ion H^+ di dalam air murni pada temperatur $24^\circ C$ adalah 10^{-7} mol/l



Gambar 8.6 Alat untuk mengukur pH yaitu kertas lakmus dan pH meter.

Eh yaitu *Redox Potential* menyatakan kemampuan atau potensi air untuk mengoksidasi atau mereduksi.

- ▶ Oksidasi : Proses kehilangan elektron atau penambahan valensi suatu senyawa, contohnya $2 H_2O = O_2 + 4H^+ + 4e^-$
- ▶ Reduksi : Proses ketambahan elektron atau pengurangan valensi suatu senyawa, contohnya $2H_2O + 2e^- = H_2 + 2OH^-$

DHL (Daya Hantar Listrik) atau *Electric Conductivity* adalah kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik. DHL sangat ditentukan oleh banyaknya zat-zat kimia dan garam-garam yang terlarut di dalam air, dan DHL berbanding lurus dengan TDS. Faktor – faktor yang mempengaruhi DHL adalah temperatur dan konsentrasi ion-ion yang ada di dalam air, satuan DHL adalah siemnt dan mohs.

Tabel 8.4 Standar nilai DHL untuk air minum dan pertanian (Boyd, 1988).

Kelas	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Keterangan	
		Air Minum	Pertanian
D1	<0.500	Baik	Sangat Baik
D2	0.500-1000	Cukup	Baik
D3	1000-1500	Sedang	Cukup
D4	1500-2000	Jelek	Sedang
D5	2000-2500	Jelek	Kurang
D6	2500-3000	Jelek	Jelek

Semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Asam, basa dan garam merupakan penghantar listrik (konduktor) yang baik.

8.5 Biologi Air

Kualitas biologis airtanah pada umumnya dinyatakan dengan seberapa besar kandungan BOD (Biochemical Oxygen Demand), yaitu dan bakteri koli (coliforms) yang ada. Mikro-organisme yang terkandung di dalam air berupa tumbuh-tumbuhan (bakteri) dan hewan (amuba).

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme selama berkembang-biak di dalam air dalam suatu waktu tertentu.

- ▶ Mikro-organisme + unsur organik + O_2 = mikro-organisme + CO_2 + sisa-sisa unsur organik
- ▶ Jika BOD besar, berarti kandungan mikro-organisme di dalam air juga besar

Bakteri Koli dapat menyebabkan gangguan pencernaan, dapat menyebabkan penyakit desentri dan muntaber, dan untuk mencegah, biasanya air diberi kaporit dan air minum harus direbus hingga mendidih yang dibiarkan selama 3 menit. Dari bakteri koli yang paling berbahaya adalah *Entamoeba coli*. Satuan bakteri koli adalah MPN dan Standar Air Minum yang harus diperiksa keberadaan Bakteri Koli harus 0 MPN. *Entamoeba coli* seringkali disebarkan melalui kotoran manusia/hewan, oleh karena itu sering disebut koli tinja.

Cara mendeteksi *Entamoeba coli* dengan cara :

1. Metode membran filter
 - ▶ Air disaring dengan kertas membran, yang kemudian kertas tersebut dilihat di mikroskop, untuk melihat keberadaan bakteri.
2. Metode multi tabung
 - ▶ Botol sampel dikocok agar mikrobanya merata
 - ▶ Inokulasikan 10 ml sampel ke dalam 5 tabung yang masing-masing berisi lebih- kurang 10 ml kaldu
 - ▶ Inkubasikan tabung-tabung tsb dlm T $35^\circ - 37^\circ\text{C}$ selama 24 jam
 - ▶ Periksa tiap tabung akan kehadiran gas. Jika ada gas, kocok tabung tsb. Jika terlihat adanya buih/busa, berarti positif.
 - ▶ Setelah didiamkan selama 24 jam, catat nomor tabung yang positif, pada sebuah table
 - ▶ Terhadap tabung-tabung yang negatif dilakukan inkubasi lagi untuk 24 jam berikutnya, dan selanjutnya 48 jam.

Baku air minum sebaiknya memenuhi standar fisika: tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, kekeruhan < 5 NTU, memenuhi standar kimia dari Standar Depkes, WHO, KLH, dan memenuhi standar biologi: tidak mengandung bakteri koli.

Berikut adalah standar air minum dari Depkes, yaitu :

1. PH : 6,5 - 8,5
2. TDS : 1000 mg/ L
3. Kekeruhan : 5 (Skala NTU)
4. Warna : 15 (Skala TCU)
5. Koliform Tinja : 0 / per 100 ml
6. Total Koliform : 5 - 10 / per 100 ml
7. Kesadahan (CaCO_3) : 500 mg/L
8. Besi : 0,3 mg/L
9. Mangan (Mn^{2+}) : 0,1 mg/L
10. Almunium : 0,2 mg/L
11. Klorida : 250 mg/L
12. Sulfat : 250 mg/L
12. Nitrat (NO_3) : 50 mg/L
13. Nitrit (NO_2^-) : 3 mg/L
14. Zat Organik (KMnO_4) : 10 mg/L